饲粮粗蛋白质和粗脂肪水平对冬毛期雄性水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[1]

张海华　南韦肖　王　卓　李光玉*

（中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112)

摘　要：本试验旨在研究饲粮粗蛋白质（CP）和粗脂肪（EE）水平对冬毛期雄性水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响，以明确冬毛期水貂饲粮 CP 和 EE 的适宜水平。试验采用 2×3 因子试验设计，即 2 个 CP 水平（32%和 36%）和 3 个 EE 水平（10%、20%和 30%），共配制 6 种试验饲粮。选取 84 只（120±5）日龄健康雄性水貂，随机分成 6 组，每组 14 个重复，每个重复 1 只。预试期 7 d，正试期 85 d。结果表明：32%CP 组水貂平均日增重（ADG）、蛋白质消化率、脂肪消化率、碳水化合物消化率及氮代谢各指标均显著或极显著低于 36%CP 组（P＜0.05 或 P＜0.01）。30%EE 组水貂末重、ADG 和氮沉积含量显著或极显著高于 10%EE 组（P＜0.05 或 P＜0.01）；30%EE 组水貂平均日采食量、料重比、干物质消化率、蛋白质消化率、碳水化合物消化率、食入氮含量和粪氮排出量显著或极显著低于 10%EE 组（P＜0.05 或 P＜0.01）。饲粮 CP 和 EE 水平对水貂脂肪消化率有显著交互作用（P＜0.05）。综合以上指标，在本试验条件下，饲粮 CP 水平为 36%，EE 水平为 20%或 30%时，冬毛期水貂可获得最佳的生长性能，且能够提高水貂对蛋白质的利用率。

关键词：雄性水貂；蛋白质；脂肪；冬毛期

中图分类号：S865.2+2

水貂是珍贵的毛皮动物，蛋白质和脂肪是水貂饲粮中的重要营养成分，并且直接影响了

收稿日期：2017-05-17

基金项目：中国农业科学院科技创新工程专项经费（CAAS-ASTIP-2017-ISAPS）

作者简介：张海华（1983-），女，河北承德人，博士研究生，从事特种动物营养与分子营养研究。E-mail: zhh83@126.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail: tcslgy@126.com

饲料成本和水貂生长性能。因此，明确水貂饲粮中适宜的粗蛋白质（CP）和粗脂肪（EE）水平对合理配制水貂饲粮、提高水貂养殖经济效益具有重要意义。目前，国内外对水貂 CP 需要量[1-3]和 EE 需要量[4-6]的研究较多，但对水貂饲粮 CP 和 EE 适宜水平的研究较少。张铁涛等[7]采用干粉饲粮对冬毛期水貂饲粮 CP 和 EE 适宜水平进行了报道。但目前我国水貂养殖主要采取鲜饲料形式，饲料吸收利用率好，有助于水貂生产更佳的毛皮。水貂饲粮中最占成本的就是蛋白质饲料原料，饲粮中 CP 水平过低不能满足水貂生长、维持及毛皮发育的需要，过高则转化成能量或代谢消耗造成浪费。研究表明，脂肪提供的代谢能生产价值高于其他营养物质提供的代谢能[6]。动物饲粮中添加非蛋白质能源物质脂肪可代替部分蛋白质分解供能，提高动物对饲粮中蛋白质的利用率[7-8]，提高动物生长性能，节约饲料成本。因此，本试验通过饲喂冬毛期雄性水貂不同 CP 和 EE 水平的饲粮，结合水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢指标，确定冬毛期水貂饲粮 CP 和 EE 的适宜水平，为完善我国水貂营养标准奠定基础，并为水貂养殖中饲料的合理配制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站的毛皮动物基地，选取健康、体重相近的（120±5）日龄雄性水貂 84 只。

1.2 试验设计

将 84 只试验水貂随机分为 6 组，每组 14 个重复，每个重复 1 只。试验采用 2×3 因子试验设计，即 2 个 CP 水平（32%和 36%）和 3 个 EE 水平（10%、20%和 30%），共配制 6 种试验饲粮：32%CP 和 10%EE（Ⅰ组）、32%CP 和 20%EE（Ⅱ组）、32%CP 和 30%EE（Ⅲ组）、36%CP 和 10%EE（Ⅳ组）、36%CP 和 20%EE（Ⅴ组）和 36%CP 和 30%EE（Ⅵ组）。

1.3 试验饲粮

试验饲粮以膨化玉米、黄花鱼、鸡杂、猪肉和豆油为主要原料，根据试验设计配制相应CP 和 EE 水平的饲粮，试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups					
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
原料 Ingredients						
黄花鱼 Corvina	27.39	26.57	25.34	39.16	39.62	37.80
碎猪肉 Jarding pork	6.88	11.50	18.18	5.62	11.54	22.33
膨化玉米 Extrusion corn	55.42	42.27	30.77	43.47	30.67	16.20
鸡杂 Poultry offal	2.91	4.09	4.04	2.85	4.40	4.26
牛肝 Ox liver	3.43	4.13	5.44	5.88	6.04	5.85
豆油 Soybean oil	2.47	9.94	14.73	1.52	6.23	12.06
食盐 NaCl	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]						
代谢能 Metabolic energy/（MJ/kg）	14.24	17.32	19.50	13.14	16.54	18.63
粗蛋白质 Crude protein	32.08	32.74	32.86	36.87	37.18	36.14
粗脂肪 Ether extract	10.78	20.38	30.45	10.58	20.56	29.43
碳水化合物 Carbohydrate	50.53	40.40	31.22	44.85	34.42	25.04
钙 Calcium	2.46	2.41	2.39	2.76	2.81	2.79

总磷 Total phosphorus	1.32	137	1.39	1.46	1.48	1.47

1)每千克预混料含 One kilogram of premix contained the following：VA 200 000 IU，VD_3 40 000 IU，VE 5 000 IU，VB_1 125 mg，VB_2 200 mg，VB_6 200 mg，VB_{12} 2.5 mg，VK_3 40 mg，VC 7 500 mg，烟酸 niacin acid 500 mg，泛酸 pantothenic acid 800 mg，叶酸 folic acid 100 mg，胆碱 choline 10 000 mg，生物素 biotin 7.5 mg，Fe 2 000 mg，Cu 500 mg，Mn 400 mg，Zn 1 500 mg，I 15mg，Se 5 mg，Co 7.5mg。

2)粗蛋白质、粗脂肪、钙、总磷为测定值，碳水化合物和代谢能为计算值。Crude protein, ether extract, calcium and total phosphorus were measured values, while carbohydrate and metabolic energy were calculated values.

1.4 饲养管理

试验开始前对水貂接种犬瘟热和细小病毒疫苗。试验水貂单笼饲养，每日 08:00 与 16:00 各饲喂 1 次，自由采食与饮水，每日记录实际采食量。预试期 7 d，正试期 85 d。

1.5 消化代谢试验

正试期开始 25 d 后，每组挑选 9 只体重相近的健康水貂进行消化代谢试验，试验持续 4 d。采用全收粪法[4]，将 4 d 的尿液和粪便分别混合均匀后取样，其中粪便在 80 ℃下杀菌 2 h，然后降到 65 ℃烘干至恒重，磨碎过 40 目筛，制成风干样本，以备实验室分析。

1.6 测定指标及方法

正试期开始后，第 1 天称重作为初重，试验结束后称重作为末重，计算每只水貂的平均日增重（ADG），记录每只水貂采食量，计算平均日采食量（ADFI）。根据 ADG 和 ADFI 计算料重比（F/G）。饲粮中干物质、CP、EE、灰分、钙、磷含量的分析及生长性能、营养物质消化率和氮代谢相关指标的测定方法参考张铁涛等[9]对冬毛期水貂相关研究，饲粮中碳水化合物含量和代谢能的测定方法参考 Zhang 等[10]对育成期水貂的相关研究。

1.7 数据分析

采用 SAS 9.0 进行数据统计分析，采用双因子方差分析（two-way ANOVA）进行差异显著性检验。分析结果以“平均值±标准差”表示，其中 P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著，P>0.05 为差异不显著。

2 结 果

2.1 饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂生长性能的影响

如表 2 所示，各组水貂始重差异不显著（P＞0.05）；Ⅲ、Ⅵ组水貂末重显著高于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（P＜0.05）；Ⅵ组水貂 ADG 最高，显著高于Ⅰ、Ⅳ组（P＜0.05）；Ⅲ、Ⅵ组 ADFI 显著低于其他各组（P＜0.05）；Ⅲ、Ⅵ组 F/G 显著低于其他各组（P＜0.05）。饲粮 CP 水平对水貂 ADG 影响显著（P＜0.05），32%CP 组 ADG 显著低于 36%CP 组（P＜0.05）。饲粮 EE 水平对水貂末重、ADFI 和 F/G 影响显著（P＜0.05），对水貂 ADG 影响极显著（P＜0.01），30%EE 组水貂末重显著高于 10%EE 组（P＜0.05），30%EE 组水貂 ADG 极显著高于 10%EE 组（P＜0.01），30%EE 组水貂 ADFI 和 F/G 显著低于高于 10%EE 组（P＜0.05）。饲粮 CP 和 EE 水平对生长性能各指标无显著交互作用（P＞0.05）。

表 2 饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary CP and EE levels on growth performance of male minks during winter fur-growing period

项目 Items		始重 Initial weight/kg	末重 Final weight/kg	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G
组别 Groups	Ⅰ	1.76±0.12	2.15±0.14^{b}	4.59±0.62^{b}	95.17±1.23^{a}	20.61±0.57^{a}
	Ⅱ	1.77±0.08	2.27±0.21^{ab}	5.86±0.68^{ab}	94.26±0.97^{a}	16.12±0.86^{b}
	Ⅲ	1.77±0.12	2.31±0.11^{a}	6.32±0.74^{a}	86.12±2.21^{b}	13.48±0.14^{c}
	Ⅳ	1.76±0.11	2.18±0.09^{b}	4.96±0.81^{b}	97.14±1.24^{a}	19.56±0.21^{ab}
	Ⅴ	1.77±0.13	2.24±0.12^{b}	5.53±0.24^{ab}	95.15±0.88^{a}	17.20±0.55^{b}

	Ⅵ	1.76±0.09	2.37±0.07^{a}	7.09±0.42^{a}	88.46±1.02^{b}	12.52±0.24^{c}
主效应 Main effect						
饲粮 CP 水平 Dietary CP level/%	32	1.76±0.11	2.24±0.12	5.60±0.69^{b}	91.86±1.41	16.53±0.52
	36	1.76±0.10	2.26±0.11	5.85±0.65^{a}	93.59±1.17	16.47±0.47
饲粮 EE 水平 Dietary EE level/%	10	1.76±0.09	2.15±0.13^{b}	4.65±0.71^{Bb}	95.62±1.26^{a}	19.85±0.61^{a}
	20	1.77±0.11	2.23±0.09^{ab}	5.52±0.68^{ABab}	93.71±1.31^{ab}	16.54±0.52^{ab}
	30	1.77±0.10	2.36±0.11^{a}	6.31±0.64^{Aa}	86.53±1.22^{c}	13.27±0.47^{b}
P 值 *P*-value	饲粮 CP 水平 Dietary CP level	0.896 2	0.752 4	0.042 1	0.421 8	0.514 7
	饲粮 EE 水平 Dietary EE level	0.758 6	0.032 5	<0.000 1	0.015 8	0.026 9
	交互作用 Interaction	0.852 4	0.124 2	0.252 5	0.145 2	0.752 1

同项目同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same item and column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂营养物质消化率的影响

如表 3 所示，Ⅳ组水貂干物质消化率显著高于Ⅲ组，与其他各组差异不显著（P＞0.05）；Ⅳ组水貂蛋白质消化率与Ⅰ组差异不显著（P＞0.05），显著高于其他各组（P＜0.05）；Ⅴ组水貂脂肪消化率极显著高于Ⅰ、Ⅲ组（P＜0.05），与其他各组差异不显著（P＞0.05）；Ⅳ组水貂

碳水化合物消化率最高，显著高于Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）。饲粮 CP 水平对水貂蛋白质消化率、脂肪消化率和碳水化合物消化率影响显著或极显著（P<0.05 或 P<0.01），32%CP 组水貂蛋白质消化率、脂肪消化率和碳水化合物消化率均显著或极显著低于 36%CP 组（P<0.05 或 P<0.01）。饲粮 EE 水平对水貂干物质消化率、蛋白质消化率、脂肪消化率和碳水化合物消化率影响显著（P<0.05），30%EE 组水貂干物质消化率、蛋白质消化率和碳水化合物消化率显著低于 10%EE 组（P<0.05），20%EE 组水貂脂肪消化率显著高于 10%和 30%EE 组（P<0.05）。饲粮 CP 和 EE 水平对水貂脂肪消化率有显著的交互作用（P<0.05）。

表 3　饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂营养物质消化率的影响

Table 3　Effects of dietary CP and EE on nutrient digestibility of male minks during winter fur-growing period

项目 Items		干物质消化率 DM digestibility/%	蛋白质消化率 Protein digestibility/%	脂肪消化率 Fat digestibility/%	碳水化合物消化率 Carbohydrate digestibility/%
组别 Groups	Ⅰ	75.65±1.45^{ab}	76.87±1.20^{ab}	91.12±0.87^{Bb}	67.31±1.25^{ab}
	Ⅱ	74.87±1.31^{ab}	73.32±1.87^{b}	92.13±0.86^{ABab}	64.23±1.11^{b}
	Ⅲ	73.96±0.86^{b}	72.67±1.08^{b}	91.96±1.07^{Bb}	62.36±1.02^{c}
	Ⅳ	76.82±1.17^{a}	78.68±1.17^{a}	92.45±0.69^{ABab}	69.63±1.30^{a}
	Ⅴ	75.61±1.21^{ab}	74.68±0.96^{b}	93.02±0.98^{Aa}	68.25±0.97^{ab}
	Ⅵ	74.73±1.32^{ab}	72.16±1.07^{b}	92.69±1.01^{ABab}	67.25±1.16^{ab}
主效应 Main effect					
饲粮 CP 水平 Dietary CP level/%	32	74.79±1.27	73.16±1.11^{b}	91.07±0.97^{B}	64.15±1.21^{b}
	36	75.81±1.04	75.27±1.24^{a}	93.48±1.03^{A}	68.46±1.18^{a}

饲粮 EE 水平 Dietary EE level/%	10	76.13±1.11[a]	77.65±1.18[a]	91.21±0.91[b]	68.52±1.25[a]
	20	75.26±1.09[ab]	75.01±1.12[ab]	92.87±1.12[a]	66.31±1.14[ab]
	30	74.41±1.23[b]	72.78±1.09[b]	91.01±1.06[b]	64.85±1.08[b]
P 值 *P*-value	饲粮 CP 水平 Dietary CP level	0.254 7	0.025 4	<0.000 1	0.018 5
	饲粮 EE 水平 Dietary EE level	0.042 5	0.017 6	0.012 4	0.029 6
	交互作用 Interaction	0.854 7	0.147 8	0.025 4	0.135 7

2.3　饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂氮代谢的影响

如表 4 所示，Ⅳ、Ⅴ组水貂食入氮含量显著高于Ⅲ组（*P*＜0.05），与其他组差异不显著（*P*＞0.05）；Ⅲ组水貂粪氮和尿氮排出量显著低于Ⅳ组（*P*＜0.05），与其他各组差异不显著（*P*＞0.05）；Ⅴ组水貂氮沉积含量最高，与Ⅳ、Ⅵ组差异不显著（*P*＞0.05），显著高于其他各组（*P*＜0.05）；Ⅴ组水貂蛋白质生物学效价最高，显著高于Ⅰ、Ⅱ和Ⅳ组（*P*＜0.05）。饲粮 CP 和 EE 水平对水貂氮代谢指标均有显著或极显著影响（*P*＜0.05 或 *P*＜0.01），32%CP 组水貂氮代谢指标均显著或极显著低于 36%CP 组（*P*＜0.05 或 *P*＜0.01）；30%EE 组水貂食入氮含量、粪氮排出量显著或极显著低于 10%EE 组（*P*＜0.05 或 *P*＜0.01），20%EE 组水貂尿氮排出量显著高于 10%和 30%EE 组（*P*＜0.05），10%EE 组水貂氮沉积含量显著低于 20%和 30%EE 组（*P*＜0.05），10%EE 组水貂蛋白质生物学效价显著低于 20%组（*P*＜0.05）。饲粮 CP 和 EE 水平对水貂氮代谢指标均无显著交互作用（*P*＞0.05）。

表 4　饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂氮代谢的影响

Table 4　Effects of dietary CP and EE levels on nitrogen metabolism of male minks during winter fur-growing period

项目 Items		食入氮 Nitrogen intake/（g/d）	粪氮 Fecal nitrogen/（g/d）	尿氮 Urine nitrogen /（g/d）	氮沉积 Nitrogen deposition/（g/d）	蛋白质生物学效价 BV of protein/%
组别 Groups	Ⅰ	4.87±0.52[ab]	0.86±0.09[ab]	2.22±0.25[ab]	1.75±0.11[c]	43.96±2.14[c]
	Ⅱ	4.81±0.24[ab]	0.81±0.15[ab]	2.16±0.38[ab]	1.82±0.09[bc]	45.87±1.76[bc]
	Ⅲ	4.52±0.31[b]	0.76±0.06[b]	2.14±0.41[b]	1.83±0.14[bc]	46.08±2.01[ab]
	Ⅳ	5.74±0.29[a]	1.02±0.08[a]	2.44±0.36[a]	2.09±0.25[ab]	45.92±1.87[bc]
	Ⅴ	5.60±0.45[a]	0.91±0.09[ab]	2.12±0.47[b]	2.18±0.31[a]	48.63±1.74[a]
	Ⅵ	5.08±0.32[ab]	0.88±0.06[ab]	2.11±0.52[b]	1.97±0.22[ab]	47.12±1.62[ab]
主效应 Main effect						
饲粮 CP 水平 Dietary CP level/%	32	4.69±0.48[B]	0.81±0.09[b]	1.82±0.37[b]	2.09±0.16[b]	46.74±1.52[b]
	36	5.38±0.33[A]	0.95±0.07[a]	2.06±0.41[a]	2.27±0.14[a]	47.31±1.79[a]
饲粮 EE 水平 Dietary EE level/%	10	5.16±0.51[Aa]	0.96±0.07[a]	1.87±0.40[b]	1.93±0.19[a]	45.21±1.95[b]
	20	5.01±0.42[ABab]	0.81±0.10[ab]	2.01±0.36[a]	2.11±0.37[b]	48.19±1.28[a]
	30	4.85±0.63[Bb]	0.79±0.09[b]	1.83±0.28[b]	1.94±0.31[b]	47.76±1.49[ab]
P 值 *P*-value	饲粮 CP 水平 Dietary CP level	<0.000 1	0.023 6	0.017 8	0.032 8	0.042 1
	饲粮 EE 水平 Dietary EE	0.001 5	0.023 2	0.035 8	0.045 2	0.014 1

level					
交互作用 Interaction	0.132 5	0.221 4	0.847 6	0.625 8	0.247 3

3 讨 论

3.1 饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂生长性能的影响

饲粮 CP 和 EE 水平可显著影响冬毛期水貂生长性能。本试验结果得出，32%CP 组水貂 ADG 显著低于 36%CP 组，大量研究表明，随着饲粮 CP 水平的提高，水貂生长性能呈现显著的增加趋势[11-12]，本试验得到了同样的结论。水貂是珍贵的毛皮动物，到了冬毛生长期，虽然不需要大量蛋白质用于体组织的合成，但是需要大量的蛋白质用于毛皮的生长，所以到了冬毛生长期水貂饲粮蛋白质需求依然较高。本试验中随着饲粮 EE 水平的提高，水貂生长性能有较好的提高趋势，但是 20%和 30%EE 组的水貂生长性能差异不显著。杨颖等[13-14]通过固定饲粮 CP 水平，调节饲粮 EE 水平来调节饲粮中代谢能水平的研究表明，随着饲粮 EE 水平的提高，水貂能够取得较好的生长性能；育成期雌性水貂饲喂全价干粉饲粮，其中代谢能不低于 14%，EE 水平不低于 17.87%时，水貂可获得较好的生长性能；冬毛期雌性水貂饲喂全价干粉饲粮，其中代谢能为 14.5 MJ/kg，EE 水平为 18.83%时，冬毛期雌性水貂可获得较好的生长性能。这与本试验研究结果具有相同的趋势。本试验采用鲜饲料原料开展研究，与上述文献中采用干粉饲粮的研究相比，在初重相差不多的情况下，水貂饲喂鲜饲料原料能够获得更佳的生长性能，这说明，在本试验条件下，当饲粮 CP 水平为 36%，EE 水平为 20%或 30%时水貂可获得较好的生长性能。

3.2 饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂营养物质消化率的影响

本试验结果显示，饲粮 CP 和 EE 水平均显著或极显著影响水貂蛋白质消化率、脂肪消化率和碳水化合物消化率，其中饲粮 CP 水平越高，营养物质的消化率越高，这与前人在水

貂及其他动物上的研究结果[15-17]一致。饲粮 EE 水平越高，干物质消化率越低。前人研究表明，饲粮组成成分通过改变食物经过肠胃的时间而改变营养物质的消化率[18]，水貂等食肉性动物能够消化多种植物性饲料，其消化道的结构与功能会根据饲料不同而发生相应改变[19]。本试验结果显示，饲粮 CP 和 EE 水平对干物质消化率、蛋白质消化率和碳水化合物消化率无显著交互作用，但对脂肪消化率有显著交互作用，可能是饲粮 CP 和 EE 水平主要通过对脂肪消化利用的调节来影响水貂的生长性能。综合以上分析得出，本试验条件下，水貂营养物质消化率主要受饲粮 EE 和能量水平的影响，且当饲粮 EE 水平为 20%或 30%时，水貂营养消化率能达到较好效果。本试验结果与 Hoie[5]研究结果，水貂饲粮 EE 水平为 7%~33%可以提高水貂生长性能相一致，并且饲粮适宜 EE 水平更具体。

3.3　饲粮 CP 和 EE 水平对冬毛期雄性水貂氮代谢的影响

本试验结果显示，饲粮 CP 水平越高，水貂食入氮含量、尿氮排出量、氮沉积含量和蛋白质生物学效价均较高，但随着饲粮 EE 水平的增加水貂食入氮含量呈下降趋势，可以明显看出水貂食入氮含量的变化主要由饲粮 EE 水平和采食量不同引起[6]。动物代谢性粪氮与饲粮干物质之比为一定值，饲粮中蛋白质含量越高，则通过代谢粪氮损失的蛋白质含量相对越少，消化的蛋白质越多，蛋白质消化率就越高[10]。本试验条件下，饲粮 EE 水平为 32%和 36%，EE 水平为 10%时，水貂蛋白质消化率最高，但 32%CP 和 30%EE 组水貂粪氮排出量最低，水貂可能通过自身调节提高了蛋白质的利用率。研究表明，动物摄入蛋白质含量与尿氮排出量之间存在很强的相关关系，蛋白质供应过量或氨基酸不平衡是导致大量尿氮排出和氮利用效率变化的原因[20]，水貂在生长期约 80%的氮经由尿液排出[21]，本试验中各组水貂尿氮排出量随饲粮 CP 水平提高而增加，这说明水貂具有对蛋白质和能量进行调节的功能，将摄入过多的蛋白质分解供能，并通过尿液排出体外[22]，本试验条件下，36%CP 组及 20%和 30%EE 组水貂尿氮排出量相对较低。蛋白质生物学效价用来衡量饲料蛋白质被利用的程

度，以及动物对蛋白质的需求[23]，本试验中随着饲粮 CP 水平的升高，蛋白质生物学效价升高，随着饲粮 EE 水平的升高，蛋白质生物学效价也呈升高趋势，这说明在本试验条件下，饲粮 CP 和 EE 水平越高，蛋白质生物学效价越高。本试验结果显示饲粮 CP 和 EE 水平对水貂氮代谢各指标无显著的交互作用，但随着饲粮 EE 水平的提高，水貂氮沉积含量和蛋白质生物学效价均呈上升趋势，说明饲粮 EE 水平能够提高水貂蛋白质利用率。综合以上指标得出，本试验条件下，当冬毛期雄性水貂饲粮 CP 水平为 36%，EE 水平为 20%或 30%时，水貂对蛋白质的利用较好，并能够减少尿氮排出量。

4 结 论

综合各项指标，本试验条件下，饲粮 CP 水平为 36%，EE 水平为 20%或 30%时，冬毛期雄性水貂生长性能最佳，且能够提高水貂对蛋白质的利用率。

参考文献：

[1] ZHANG T T,ZHANG Z Q,GAO X H,et al.Effects of dietary protein levels on digestibility of nutrients and growth rate in young female mink (*Mustela vison*)[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2013,97(2):271–277.

[2] CLAUSEN T N,SANDBOL P,HEJLESEN C.Protein to mink in the furring period.Importance of fat and carbohydrate[R].Holstebro:Danish Fur Breeders Research Center,2005:89–98.

[3] 张铁涛,张志强,任二军,等.饲粮蛋白质水平对育成期水貂营养物质消化率及生长性能的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1101–1106.

[4] 张海华,王士勇,张铁涛,等.饲粮脂肪水平对雌性水貂营养物质消化率、氮代谢及繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2955–2962.

[5] HOIEJ.Experiments with different amounts of fat and carbohydrates in the food of mink kits[J].Norsk Pelsyrbld,1954,28:175–183.

[6] AHLSTROM O,SKREDE A.Feed with divergent fat:carbohydrate ratios for blue foxes (*Alopex lagopus*) and mink *(Mustela vison*) in the growing-furring period[J].Norway Journal of Agricultural Science,1995,9:115–126.

[7] 付世建,谢小军,张文兵,等.南方鲇的营养学研究Ⅲ.饲料脂肪对蛋白质的节约效应[J].水生生物学报,2001,25(1):70–75.

[8] SKREDE A.Utilization of fish and animal by-products in mink nutrition[J].Acta Chemica Scandinavica,1978,28:105–145.

[9] 张铁涛,孙皓然,杨雅涵,等.不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂生长性能、营养物质消化率、氮代谢和毛皮品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(11):3602–3610.

[10] ZHANG H H,LI G Y,ERN E J,et al.Effects of diets with different protein and *DL*-methionine levels on the growth performance and N-balance of growing minks[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2012,96(3):436–441.

[11] 张海华,李光玉,任二军,等.饲粮蛋白质水平对冬毛生长期水貂生长性能、血清生化指标及毛皮质量的影响[J].动物营养学报,2011,23(1):78–85.

[12] 杨雅涵,孙伟丽,李光玉,等.饲粮蛋白质水平和限饲对冬毛期水貂生产性能、消化代谢和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(6):1276–1284.

[13] 杨颖,刘汇涛,曲勃,等.不同能量水平的干粉料对生长期母貂生长性能、毛皮质量及血清生化指标的影响[J]..吉林农业大学学报,2014,36(2):205–212.

[14] 杨颖,李一清,徐佳萍,等.饲粮能量水平对育成期水貂生长性能和血清生化指标的影响[J].特产研究,2014,2(6):9–14.

[15] 蒋清奎,张志强,李光玉,等.准备配种期雌性水貂适宜日粮蛋白质水平的研究[J].中国畜牧兽医,2013,39(6):117–120.

[16] 徐维娜,刘文斌,沈美芳等.饲料中不同蛋白质和脂肪水平对克氏螯虾(*Procambarus clarkii*)生长性能、体组成和消化酶活性的影响[J].海洋与湖泊,2011,42(4):521–529.

[17] 冯军,李福昌,王雪鹏,等.饲粮蛋白质水平对生长獭兔生长性能、氮代谢以及血清指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1713–1720.

[18] HELLWING A L F,TAUSON A H,AHLSTRØM O,et al.Nitrogen and energy balance in growing mink (*Mustela vison*) fed different levels of bacterial protein meal produced with natural gas [J].Archives of Animal Nutrition,2005,59(5):335–352.

[19] ZHAROVA G K,NAUMOVA E I.Structural and functional adaptations of the sable digestive tract to plant food[J].Doklady Biological Sciences,2002,382(1/2/3/4/5/6):31–33.

[20] PFEIFFER A,HENKEL H,VERSTEGEN M W A,et al.The influence of protein intake on water balance,flow rate and apparent digestibility of nutrients at the distal ileum in growing pigs[J].Livestock Product Science,1995,44(2):179–187.

[21] NEWELL C W.Nutrient floe and manure management in the mink industry[D].Ph.D.Thesis.Halifax:Dalhousie University,1999.

[22] JOBLING M,WANDSVIK A.Quantitative protein requirements of Arctic charr,*Salvelinus alpinu*s (L)[J].Journal of Fish Biology,1983,22(6):705–712.

[23] 张铁涛,张志强,吴学壮,等.冬毛生长期公貂对不同蛋白质水平日粮营养物质消化率及氮代谢的比较研究[J].动物营养学报,2010,22(3):723–728.

Effects of Dietary Crude Protein and Ether Extract Levels on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism of Male Minks during Winter Fur-Growing Period

ZHANG Haihua NAN Weixiao WANG Zhuo LI Guangyu*

(*State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Changchun* 130112, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary crude protein (CP) and ether extract (EE) levels on growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of male minks during winter fur-growing period, in order to determine the optimum dietary CP and EE levels of male minks during winter fur-growing period. A 2×3 factorial design was adopted in this test, six experimental diets were prepared with two CP levels (32% and 36%) and three EE levels (10%, 20% and 30%). Eighty-four healthy male minks at （120±5） days of age were randomly assigned into 6 groups with 14 replicates per group and 1 mink per replicate. The adaptation period lasted for 7 days and the formal period lasted for 85 days. The results showed as follows: the average daily gain (ADG), protein digestibility, fat digestibility, carbohydrate digestibility and nitrogen metabolism indices of minks in 32% CP group were significantly lower than those in 36% CP group ($P<0.05$ or $P<0.01$). The final weight, ADG and nitrogen deposition content of minks in 30% EE group were significantly higher than those in 10% EE group ($P<0.05$ or $P<0.01$), the average daily feed intake, ratio of feed to gain, dry matter digestibility, protein digestibility, carbohydrate digestibility, nitrogen intake content and fecal nitrogen output of minks in 30% EE group were significantly lower than those in 10% EE group ($P<0.05$ or $P<0.01$). Dietary CP and EE levels had significant interaction on fat digestibility of minks ($P<0.05$). Considering all the factors, when dietary CP level is 36%, EE level is 20% or 30% under the condition of this experiment, the male minks during winter fur-growing period can get best growth performance, and can improve protein utilization of minks.

Key words: male minks; protein; fat; winter fur-growing period

*Corresponding author, professor, E-mail: tcslgy@126.com

（责任编辑　武海龙）